

## **ФОТОАКТИВИРУЕМАЯ БИОМЕТКА НА ОСНОВЕ МЕТИЛЕНОВОГО ЗЕЛЕННОГО\***

**Ключевые слова:** метиленовый зеленый, фотоактивация, флуоресцентная метка, фотореактор.

Изучение фотофизических свойств молекул класса тиазиновых красителей долгие годы вызывает неутолимый интерес ученых из различных областей знаний. Соединения данного класса применяются в медицине, бактериологии, микроскопии, фотохимии, текстильной промышленности, аналитической химии, аквариумистике, экологии, фотобиологии и других областях науки и промышленности. Часто применение тиазиновых веществ носит междисциплинарный характер. Известно, что метиленовый зеленый (МЗ), структурная формула которого приведена на рис. 1, широко используется в клинической диагностике как биосенсор на  $\text{H}_2\text{O}_2$ , предел обнаружения составляет  $4,0 \times 10^{-4}$  мМ. Механизм действия МЗ основан на его чувствительности к кислотности биологических сред в оптимальном диапазоне рН 6,0÷7,5. В зависимости от количества принятых протонов  $\text{H}^+$  происходит изменение длинноволновой полосы поглощения в электронном спектре в диапазоне 500÷800 нм при концентрации  $C = 0,02$  мМ в воде. МЗ активно принимает участие в межмолекулярных взаимодействиях различного типа.

В данной работе были изучены спектры поглощения и флуоресценции МЗ в различных растворителях, в том числе протонных и апротонных при возбуждении излучением эксимерной лампы, с целью выявления зависимости протекания фотофизических процессов при переходе от одного растворителя к другому.

Облучение водных растворов МЗ проводили в стационарном фотореакторе при комнатной температуре [1]. В качестве источников излучения были выбраны  $\text{KrCl}$  (222 нм) и  $\text{XeBr}$  (282 нм) эксимерные лампы (рис. 2). Эффективность фотоактивации МЗ исследовали методами спектроскопии электронного поглощения и флуоресценции на спектрофлуориметре СМ2203 (ЗАО «СОЛАР»,

Беларусь). Контрольное время активации составляло: 0, 4, 8, 16 и 32 мин. Начальная концентрация исследуемого вещества составляла  $10^{-5}$  моль/л.

Методом производной спектрофотометрии были получены полосы, проявляющиеся лишь в виде скрытых максимумов и нечетких перегибов в спектре поглощения. Этот метод основан на тех же принципах, что и обычная спектрофотометрия, однако аналитическим сигналом служит не оптическая плотность, а её производная  $n$ -го порядка (обычно по длине волны). Дифференцирование спектра позволяет более чётко определять положение максимума полосы поглощения, а также сужает полосы и позволяет определять вещества, поглощающие при близких длинах волн, исходные спектры которых частично накладываются друг на друга. Согласно этой методике, удалось разделить длинноволновую полосу поглощения в электронных спектрах в видимой области МЗ в растворителях на два поглощающих центра [2].

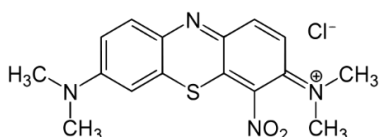


Рисунок 1. Структурная формула молекулы МЗ

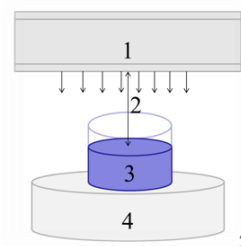


Рисунок 2. Схема фотореактора:  
1 – эксимерная лампа; 2 – расстояние от лампы до раствора МЗ – 4,5 см;  
3 – фотоактивируемый раствор;  
4 – магнитная мешалка; 5 – вытяжной шкаф

На основании полученных результатов, проведенных в рамках данной работы, сделаны следующие выводы: спектр поглощения метиленового зеленого формируется фенотиозиновым фрагментом, а атомы азотов  $N(CH_3)_2$ - и  $NO_2$ - групп не участвуют в формировании нижних электронно-возбужденных состояний. Образование водородных связей приводит к формированию неактивного нижнего синглетного возбужденного состояния и делокализации электронного заряда при фотоактивации. Положение максимума длинноволновой полосы поглощения метиленового зеленого коррелирует с донорным числом растворителей в ряду:

ацетонитрил < вода < этанол < изопропанол < ДМСО.

#### Список литературы

1. Petrova A. Yu., Tchaikovskaya O. N., Plotnikova I. V. // Key Engineering Materials. 2018. Vol. 781. P. 200–205.

2. Tchaikovskaya O. N., Krayukhina V. S., Pomogaev V. A. et al. // Russian Physics Journal. 2019. Vol. 61, № 10. P. 1752–1758.

*\*Результаты были получены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 19-53-51005 НИФ\_а РФФИ-Корея).*

УДК 546.26:546.05:57.014

**М. С. Бочкова, В. П. Тимганова, П. В. Храмцов,  
С. В. Ужвиюк, К. Ю. Шардина, А. И. Нечаев,  
М. Б. Раев, С. А. Заморина**

*Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН,  
614990, Россия, г. Пермь, ул. Ленина, 13а,  
mantissa7@mail.ru*

## **ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ГРАФЕНА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ЛЕЙКОЦИТОВ\***

**Ключевые слова:** графен, оксид графена, наночастицы, фагоциты, ЛЗХЛ, зимозан.

Оксид графена (ОГ) привлекает огромное внимание ученых, поскольку его применяют в различных областях науки и техники. ОГ обладает хорошей биосовместимостью, высоким потенциалом к функционализации, сохраняя все присущие графену привлекательные физико-химические свойства. ОГ гидрофилен, обладает хорошей коллоидной стабильностью, на его поверхности присутствуют карбоксильные группы, облегчающие модификацию его поверхности биосовместимыми полимерами (полиэтиленгликолем, полилактатом, полиакрилатом, хитозаном, полиэтиленамином и др.). Модификация частиц ОГ некоторыми полимерами способствует уменьшению токсичности и улучшению биосовместимости с клетками иммунной системы [1–3]. Специфическим ответом этих клеток на стимул или раздражитель является увеличение продукции свободных радикалов и активных форм кислорода, которые можно зафиксировать в реакции люминол-зависимой хемилюминесценции (ЛЗХЛ). Важным является оценка функционального состояния фагоцитирующих клеток после взаимодействия с частицами графена.

Цель нашего исследования – оценка влияния немодифицированного и модифицированного ОГ-ПЭГ на окислительную активность фагоцитов в тесте ЛЗХЛ.